COMMUNICATIONS

Structure et fonction du cerveau du Macaque nouveau-né (Macaca cynomolgus *L.*)

Par W. Riese.

L'étude comparée du cerveau des mammifères en formation et du comportement de l'espèce au stade évolutif envisagé est un moyen d'investigation des plus appropriés pour la recherche des rapports des structures centrales et des fonctions nerveuses. Le nombre des travaux consacrés à ce problème de l'évolution comparée n'est pas très considérable. Il est vrai qu'on a analysé récemment les mouvements exécutés par des embryons humains de différents âges et ceux d'autres mammifères, après leur extraction. Ces études, bien qu'elles ne puissent pas se faire dans des conditions physiologiques à proprement parler, sont d'une importance incontestable, surtout si elles sont accompagnées d'une étude comparée du système nerveux central. Cependant, la plupart de ces travaux sont limités à la vie embryonnaire. C'est surtout le cerveau humain qui a été étudié au moment de la naissance et aux premiers mois de la vie extra-utérine par la méthode myélogénétique. Mais, en général, ces études ont été faites sans que le point de vue physiologique ait été pris en considération. Il est évident que l'étude comparée du cerveau des singes et surtout des anthropoïdes aux différents stades évolutifs, au moment de la naissance, dans les premiers mois et dans les premières années de la vie extra-utérine, serait de la plus haute importance, vu leur position voisine de celle de l'homme dans le système zoologique, position qui rend plus légitime l'étude comparée des structures et des fonctions. Or, il n'y a aucun travail consacré à la structure histologique du système nerveux central des primates (autre que l'homme) pendant la *vie embryonnaire*, les quelques remarques d'Artom sur la myélinisation du tronc cérébral du Macaque rhesus nouveau-né sont les seules documentations se rapportant à la structure histologique du cerveau des singes *au moment de la naissance* et l'étude myélogénétique du même auteur ainsi que celle de Mingazzini sur le cerveau du Macaque rhesus et du Papion, âgés de trois semaines, représentent les seules observations sur la structure histologique du cerveau des Singes dans l'*enfance.*

Dimensions, poids encéphalique, morphologie générale.

Le fœtus du Macaque de Buffon dont j'ai étudié le système nerveux central est un mâle d'un poids somatique de 144,3 gr. Sa longueur, mesurée de l'insertion de la queue à la nuque, est de 9 cm., mesurée à la protuberantia occipitalis externa de 12 cm., la longueur de sa tête est de 6,5 cm., la longueur de la queue de 15,5 cm., du membre antérieur de 10,5 cm., du membre postérieur de 11,5 cm.

Le fait particulièrement heureux que je dispose aussi du cerveau de sa mère, morte dans un état amaigri deux jours après la naissance du fœtus, d'une hémorrhagie utérine, permet de comparer les chiffres précédents avec les données numériques analogues d'une femelle adulte, dont le poids somatique doit cependant être considéré comme trop petit : il est de 1804 gr ; sa longueur est de 32 cm., celle de sa queue de 38 cm., du membre antérieur de 26 cm., du membre postérieur de 30 cm.

Je n'ai pas pu trouver des observations sur la longueur du tronc et des membres ainsi que sur le poids somatique de l'espèce étudiée, au cours de la vie embryonnaire et au moment de la naissance. La détermination de l'âge du fœtus semble donc se heurter à des difficultés. Toutefois, il n'est pas sans intérêt de noter que, d'après Adolph H. Schultz, dans l'ouvrage éditée par C.-G. Hartman et W.-L. Straus, le poids somatique moyen d'un Macaque rhesus nouveau-né, espèce très voisine de la nôtre, est de 438 gr. pour le mâle. Selon Adloph H. Schultz, ce poids représente 6 à 10 % du poids somatique de la mère en dehors de la grossesse. Dans mon observation, le poids somatique du fœtus est de 8 % du poids somatique de sa mère, chiffre probablement un peu trop grand à cause du poids somatique réduit de la dernière. Mais, même un pourcentage légèrement rectifié s'accorderait très bien avec le pourcentage établi pour le Macaque rhesus nouveau-né. La longueur moyenne (« sitting height » de Schultz, comprenant à peu près la longueur mesurée de l'insertion de la queue à la protubérance occipitale et la longueur de la tête) du macaque rhésus nouveau-né est de 18,8 cm. pour le mâle, la longueur de la queue de 10,8 cm., de la tête de 6,6 cm., du membre antérieur de 15,4 cm., du membre postérieur de 12,4 cm. On notera l'accord presque parfait de quelques-uns de ces chiffres avec les miens ; ils confirment à leur tour l'appréciation de l'âge de notre fœtus, telle qu'elle résulte du pourcentage du poids somatique.

On arrive à une détermination semblable si on prend en considération un troisième critère, à savoir la morphologie générale du cerveau, et si on tient compte d'un quatrième, à savoir, du poids encéphalique. En effet, selon R. Anthony, la morphologie du cer-

veau des singes est, comme celui de l'homme, à la naissance semblable à celle d'un cerveau adulte. Or, j'ai pu identifier chez le fœtus de l'espèce examinée tous les sillons et toutes les circonvolutions propres au néopallium de la famille des Cercopithécidés. Suivant le même auteur, l'encéphale du *Semnopithecus maurus* Schreb. atteint à la naissance la moitié de son poids définitif (il n'en atteint que le quart chez l'homme) : c'est également le cas dans notre observation. Par conséquent, en se basant sur toutes ces données, on arrive à la conclusion que le fœtus examiné doit être considéré comme à terme.

Myélinisation.

Aux niveaux supérieurs de la moëlle épinière on constate le début d'une myélinisation du *fasciculus fundamentalis funiculi anterioris* d'une part, des faisceaux de Goll et de Burdach d'autre part. On note une différence de degré de myélinisation entre ces deux derniers, en faveur du faisceau de Burdach, différence qui a été constatée également par Mingazzini dans la moëlle épinière du nouveau-né humain et qui est l'expression du fait que la myélinisation du faisceau de Goll commence après celle du faisceau de Burdach. Dans la moëlle allongée on constate une myélinisation très nette du faisceau longitudinal postérieur. En outre, le ruban de Reil (fibres arciformes intérieures, fibres inter-olivaires) ainsi que les systèmes spino-cérébrelleux sont déjà myélinisés. Est également pourvu de substance myélinique le faisceau solitaire. Les racines de tous les nerfs crâniens sont myélinisées, celles de la sixième et de la septième paire sont légèrement en avance par rapport aux autres. De la région du noyau vestibulaire, des fibres myélinisées très fines, mais nombreuses se rendent aux parties médianes du cervelet ; les parties latérales de la substance blanche des hémisphères du cervelet sont encore complètement dépourvues de substance myélinique. Au niveau de la protubérance, on note la myélinisation assez avancée du faisceau longitudinal dorsal et de la racine mésencéphalique du trijumau, du ruban de Reil ainsi que la myélinisation incipiente des voies acoustiques secondaires. Par contre, les différents strata du pons et surtout les *brachia pontis* sont encore complètement dépourvus de substance myélinique. Le *brachium conjunctivum* est myélinisé. Au niveau du passage au mésencéphale, on constate que la racine de la quatrième paire est déjà fortement myélinisée ; le faisceau central de la calotte est lui aussi myélinisé, bien qu'encore faiblement. Au niveau *mésencéphalique* s'ajoute aux structures déjà myélinisées la racine de la troisième paire, pourvue de fortes gaines de myéline. Seules les régions latérales et ventrales de la couche optique sont déjà myélinisées, bien que faiblement. Toutefois, on distingue avec certi-

tude des fibres myélinisées dans la lamina medullaris externa thalami, ainsi que dans la région sous-thalamique. Dans cette dernière, on note des fibres myélinisées constituant la capsule dorsale du corps sous-thalamique, le faisceau thalamique et la région de la fusion de ces deux derniers *(nucleus campi Foreli)*. On voit de cette dernière région un faisceau myélinisé assez compact se diriger vers des niveaux mésencéphaliques du système nerveux central. Aux niveaux frontaux du télencéphale, on peut noter l'absence de fibres myélinisées dans le chiasma optique ainsi que dans le nerf olfactif. Les grandes commissures telencéphaliques (corps calleux, commissure antérieure) sont encore dépourvues de myéline. A l'exception d'une myélinisation incipiente de l'étage supérieur des segments postérieurs de la capsule interne, toute la substance blanche des hémisphères est encore dépourvue de myéline et on ne peut voir aucune fibre myélinisée se terminer à l'écorce. Ni le noyau caudé ni le putamen ne sont encore myélinisés. Par contre, le *pallidum* possède déjà une myélinisation très nette, bien que seulement dans ses régions postérieuers. Les *laminae pallidi interna et accessoria* sont composées de fibres myélinisées, l'*ansa lenticuleris ventralis* représente déjà un faisceau myélinisé très important. De toutes ces régions ainsi que de l'intérieur du *pallidum* on voit un système pallido-fugal se diriger vers le pied du mésencéphale.

Cytoarchitectonie.

Regio postcentralis : elle est construite suivant le type tectogénétique fondamental de Brodmann ; il n'est pas possible de délimiter des sous-aires.

Regio praecentralis (area 4) : dans cette région, la variation régionale définitive est déjà très nette : c'est dire, qu'elle se distingue par l'apparition de cellules géantes dans la cinquième couche, ainsi que par la régression de la couche granuleuse interne. L'area 6 occupe une mince zone agranuleuse mais dépourvue de cellules géantes, elle est située à l'avant de l'area 4.

Regio insularis : nettement caractérisée par l'apparition de l'avant-mur. En outre, la sixième couche semble moins dense que dans les régions adjacentes, surtout dans la région temporale. On ne peut pas encore délimiter avec certitude une partie antérieure agranuleuse d'une partie postérieure granuleuse ; cependant, dans les parties antérieures et ventrales, la quatrième couche paraît un peu moins nette que dans les parties postérieures de la région insulaire.

Regio temporalis : Dans cette région le type tectogénétique fondamental de Brodmann persiste toujours. Il n'est pas encore possible de diviser cette région en sous-aires.

Regio hippocampica : La formation d'Ammon, ainsi que la *fascia dentata* apparaissent dans leurs rapports définitifs. L'archicortex

est donc formé. En outre, l'area praesubicularis (aire 27 de Brodmann) se distingue déjà par la fusion des couches II-V, caractères définitifs de cette région.

Regio cingularis et regio parietalis : Elles conservent le type tecto-génétique fondamental. Aucune division en sous-aires n'est encore possible.

Regio occipitalis : L'aire striée (aire 17) est formée définitivement, c'est-à-dire que sa quatrième couche s'est déjà dédoublée.

Regio frontalis : L'aire 9 de Brodmann (area frontalis granularis) représente le type tectogénétique fondamental.

Nous ajouterons quelques remarques sur la structure cellulaire des éléments constitutifs de l'écorce (area 4). A l'exception de la couche ganglionnaire, la structure des cellules des différentes couches de cette aire est presque identique, seule la taille est différente. Les cellules ont une forme triangulaire ou pyramidale, leur pointe est dirigée vers la surface. Elles possèdent un très grand noyau vésiculaire et clair, pourvu d'un ou de plusieurs nucléoles foncés, un corps protoplasmique très mince qui se colore encore faiblement et d'une façon diffuse ; on ne voit pas de prolongements. Les cellules géantes de la cinquième couche sont longues, étirées, plus foncées, pourvues d'un prolongement assez important qui part de la pointe de la pyramide pour se diriger vers la surface et qui, par conséquent, doit être désigné de dendrite. Dans les autres couches, on trouve çà et là des formes cellulaires se rapprochant de celles de la couche ganglionnaire, sans toutefois posséder la grande taille de ses dernières. D'une façon générale, les cellules corticales ainsi que les éléments constitutifs du striatum ne se colorent que très faiblement par la méthode de Nissl, expérience qu'on fait assez fréquemment sur du matériel très jeune et surtout embryonnaire. Par contre, les éléments constitutifs des structures sous-corticales se colorent en général bien, même quand il s'agit de matériel embryonnaire. Or, il est remarquable que les plexus choroïdes diencéphaliques et rhombencéphaliques se colorent très bien, tandis que le plexus choroïde télencéphalique reste très pâle, résultat qui suggère l'hypothèse de rapports histochimiques entre structures corticales et plexus télencéphalique, rapports qui viennent s'ajouter aux rapports déjà connus d'un genre analogue entre ces deux formations : on sait que C. V. Monakow considère, en effet, le plexus choroïde comme une sorte de « matrice » du cerveau.

Conclusions.

Les quelques constatations d'Artom sur la myélogénie de la moëlle allongée et de la protubérance du Macaque nouveau-né *(Macacus rhesus)* s'accordent très bien avec mes propres observations sur la myélinisation des mêmes régions centrales du fœtus

de l'espèce examinée. Comme il s'agit dans l'observation d'Artom d'un nouveau-né à terme, le fœtus de notre espèce peut être considéré comme d'un âge égal, résultat qui confirme une fois de plus les conclusions qu'on est amené à tirer des données numériques, du poids encéphalique et de la morphologie de notre fœtus. Il est vrai qu'il n'existe aucun examen antérieur se rapportant à la myélinisation des régions mésencéphaliques, diencéphaliques et télencéphaliques et à la cytoarchitectonie de l'écorce du fœtus ou du nouveau-né d'un primate autre que l'homme. Cependant, si on compare la myélinisation du fœtus de l'espèce examinée avec celle du fœtus humain âgé de huit mois et du nouveau-né humain ; myélinisation étudiée récemment par O. Langworthy, on arrive à la conclusion que le degré de myélinisation du cerveau du fœtus de notre espèce correspond en effet à celui d'un fœtus humain âgé de huit à neuf mois, sans qu'il soit possible d'arriver à une précision encore plus grande (notons que la durée de la gestation est de 813 jours pour le *macacus rhesus)*. Les résultats des études cytoarchitectoniques parlent dans le même sens. Jusqu'à présent, nous n'avons que quelques documentations très sommaires se rapportant à l'époque évolutive à laquelle la transformation du type tectogénétique fondamental de Brodmann des différentes couches de l'écorce homogénétique en variations régionales définitives a lieu. Brodmann a signalé que chez l'homme au début du huitième mois de la vie intra-utérine, la quatrième couche de l'aire striée s'est déjà dédoublée ; les débuts de la structure définitive de l'aire gigantopyramidale, c'est-à-dire une décomposition de la quatrième couche ainsi que l'apparition des cellules géantes sont visibles au huitième mois de la vie intra-utérine. Notons que chez notre fœtus, l'aire striée ainsi que l'aire gigantopyramidale ont déjà acquis leur structure cytoarchitectonique définitive.

Bref, toutes les méthodes d'investigation concourent au résultat d'attribuer au fœtus examiné un degré d'évolution cérébrale qui se distingue à peine du stade évolutif atteint par le Macaque nouveau-né. Mais si c'est exact, une conclusion physiologique importante en résulte, conclusion que je présente avec les réserves que la marge d'incertitude comprise dans l'appréciation de l'âge du fœtus examiné impose. D'après les observations récentes de M. A. Kennard, le Macaque nouveau-né, comparé à l'homme ou à l'anthropoïde, dispose d'une fonction motrice indépendante très développée. Tous les singes nouveaux-nés vont tout seuls s'accrocher à leur mère et têter quelques minutes seulement après leur naissance. Ils continuent à se comporter de la même façon pendant les premières semaines de la vie. Bien qu'il existe une différence considérable de l'habileté motrice — en général en corrélation avec le poids et la taille du nouveau-né — tous les nouveaux-

nés posés sur une surface plane se redressent promptement et quelques-uns sont capables de rester debout en chancelant sur une base suffisamment large. — Si, d'une façon générale, la myélinisation était un critère absolu du fonctionnement, elle devrait être en avance chez le Macaque nouveau-né par rapport au nouveau-né humain, au moins relativement aux systèmes moteurs (pyramidaux et extra-pyramidaux). Or, ce n'est pas le cas[1]. On arrive donc à la conclusion qu'un même degré de myélinisation est compatible avec un degré différent de fonctionnement, conclusion qui confirme les résultats de l'étude du comportement moteur de certains fœtus de mammifères dont le système nerveux central est encore dépourvu de substance myélinique (Langworthy), conclusion sur laquelle j'aurai à revenir bientôt.

BIBLIOGRAPHIE

Anthony (R.), Anatomie Comparée du Cerveau. G. Doin, Paris, 1928.

Artom (G.), Untersuchungen über die Myelogenese des Nervensystems der Affen. Arch. f. Psych. u. Nervenkrank., vol. 75, 1925, 169-234.

Brodmann (K.), Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig, 1909.

Kennard (M.-A.), Reorganization of motor function in the cerebral cortex of monkeys deprived of motor and premotor areas in infancy. *Journal of Neurophysiology*, I, 1938, 477-496.

Langworthy (O.-R.), Development of behavior patterns and myelinization of tracts in the nervous system. *Arch. of Neur.*, 28, 1932, 1365-1382.

Mingazzini (G.), Medulla oblongata, Brücke, Mittelhirn in : Handb. der mikrosk. Anat. d. Mensch., herausg.. v. W. v. Möllendorff, Berlin, 1928, 478-673.

Riese (W.), Contributions à l'étude des lois de l'évolution du cerveau humain. *Arch. suisses de Neur. et de Psych.*, 42, 1938, 187-198.

Riese (W.), La paroi hémisphérique de l'ours nouveau-né et l'évolution de la cellule nerveuse. *Proceedings Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen*, vol. 42, 1939, 208-214.

Schultz (A.-H.), Growth and Development, in : The Anatomy of The Rhesus Monkey. Edited by Carl G. Hartmann et William-L. Straus, Baillière, Tindall et Cox, London, 1933, 19 27.

Laboratoire de Physiologie Générale de la Sorbonne et Laboratoire d'Ethologie des Animaux Sauvages au Muséum.

1. Bien plus, j'ai même constaté une myélinisation nettement plus avancée dans le cerveau d'un nouveau-né humain. Le fait est d'autant plus remarquable que, selon Artom, la myélinisation du macaque et du papion, âgée de 3 semaines, sera plutôt en avance par rapport à celle de l'homme du même âge.